第四紀地図の作成過程からみた大陸棚¹⁾

岩 淵 義 郎・加 藤 茂²⁾

Some Features of the Continental Shelf around the Japanese Islands on Completion of the Quaternary Map¹⁾

Yoshio IWABUCHI and Shigeru KATO²⁾

The morphology of the continental shelf around the Japanese Islands was examined. The depth of the shelf edge measured at 455 points is 140 m on an average and almost always shallower than 200 m. The marginal terrace, 250 to 500 m in depth, stretches along the continental shelf off the southwest Japan coast facing the Japan Sea and off the Sanriku coast in northeast Japan. The continental shelf is generally divided into three segments : inner shelf (terrace shallower than about 60 m), middle shelf (gentle slope between 60 and 100 m), and outer shelf (terrace deeper than about 100 m). The features of saddles and caldrons in the Tuguru and Tusima Straits indicate an abrupt change in the currents through these straits after the latest glacial age. Such a change is consistent with the paleo-climatic change in the Japan Sea estimated with the results of core analysis.

1. は じ め に

日本第四紀学会 30 周年事業の「日本第四紀地図」の作成にあたって、筆者らは「海底」を担当することになった。この編集にあたって、1) 大陸棚外縁を連ねた線(外縁線)、2) 大陸棚外縁水深、3) 通常の大陸棚より深い水深に発達する平坦面の外縁水深とその水深を連ねた線、4) 埋積谷、5) 底質分布、を図示することにした。

日本周辺海域で詳細な海底地形図・地質構造図が作成されている海域はまだそれほど多くないが、それでも各地で大陸棚の概要が判明しつつある。ここでは地図作成の過程からみた大陸棚の問題について記述する。

2. 大陸棚の定義

IHB (1986) の標準化地形名による大陸棚の定義は、
“a zone adjacent to a continents (or around an island) and extending from the low water line to a

depth at which there is usually a marked increase of slope towards oceanic depths”であり、大陸棚外縁は、“a narrow zone at the outer margin of a shelf along which there is a marked increase of slope”である。いずれも形態から決められている。

しかし、大陸棚の地形発達史を編む場合には、ある時間目盛りでみた大陸棚の形態が重要である。このようなことで、いろいろの制約を認めながらも、大陸棚を扱ってきた論文の多くは、暗黙のうちに外縁水深を同一時間面としてとらえ、大陸棚外縁の深さから地殻変動を推算することが普通に行なわれてきた。このことは現時点では止むを得ないことである。

「日本第四紀地図」の性格を考慮し、筆者らも同様に、同一時間面と推察される大陸棚外縁を日本沿岸に追跡した。この過程で形成時期の明らかに異なる大陸棚類似の平坦面を区分することができた。例えば山陰沖、三陸沖などである。これら通常の大陸棚面より深い水深に発達する平坦面については別項で改めて言及することにする。

1) 1987 年 4 月 17 日 受付, 1986 年 8 月 22 日, 日本第四紀学会シンポジウムで発表。

2) 海上保安庁水路部, Hydrographic Department, Maritime Safety Agency.

図1 大陸棚外縁の分布

白丸：平均水深（ $140\text{m} \pm 10\text{m}$ ）より浅い所，黒丸：平均水深より深い所，数字は大陸棚面より深い平坦面の外縁水深値。

3. 大陸棚外縁の水深

既に述べた方針で追跡した日本列島周辺の大陸棚外縁の水深はほとんど 200m 以浅であり，その多くは水深 $120 \sim 170\text{m}$ である。第1表に日本周辺大陸棚外縁の水深値（計測数 455）を示す。ただし，資料の十分でない

南西諸島については除外してある。

第1表を基に，大陸棚外縁の水深の平均値を $140\text{m} \pm 10\text{m}$ とみなし，それより浅い所（図中の白丸）と深い所（黒丸）を図示したのが第1図である。相対的に深い所として，日本海溝・南海舟状海盆沿いの東北日本及び西南日本太平洋沖がある。このほか，オホーツク海沿

表 1 日本周辺大陸棚の外縁水深

地 域	計測数	外縁の平均水深(m)
全 国	455	140
オホーツク海沿岸	13	140
太平洋側沿岸	237	140
北海道	31	130
本州・四国・九州	206	140
日本海側沿岸	205	145
北海道	64	145
本 州・九 州	141	140

岸、北海道北西帯、隠岐以西の沿岸をあげることができる。浅い所は、津軽海峡付近、駿河湾西部、相模湾東部、富山湾周辺などである。

大陸棚外縁をはじめとする平坦面の外縁は、海水準が長く停滞した時期に形成されるもので外縁の地形変換点は、侵食によっても堆積によっても形成される。一般的には侵食面の場合は海水準位に近い高さで形成されるのに対して、堆積面の場合には海水準位よりさらに低い所で形成される。換言すれば、堆積面から推定される外縁水深は、実際の海水準位より低い水準を示す傾向がある。従って、外縁水深から地殻変動を詳細にわたって議論するには、当初から零位の基準が異なっている場合があるので、おのずから限界があるところである。

以上のように、外縁水深から地殻変動を推定するには充分な検討が必要であるが、日本周辺大陸棚で地殻変動の影響を大きく受けているのが明らかな地域として、フィリピン海プレート北縁にあたる御前崎～房総沖がある(第2図参照)。この地域の変動については、これまでも多くの人によって指摘されてきた(例えば、茂木・桜井, 1980; 茂木ほか, 1981)。

4. 縁 辺 台 地

日本海沿岸能登半島以西の大陸棚は、東北日本海区の約 140 m に比べて、能登半島沖 250~300 m、山陰沖 400~500 m と深く、この原因は地殻運動の大きさを示すといわれた(茂木, 1953)。

しかし、日本海西南部の海底地質を検討するなかで、茂木の指摘する外縁水深とは別に、この地域にも他の地域と同様の深度に大陸棚外縁のあることがわかった。従って、茂木の主張する外縁水深とそれに接する平坦面については、明確に区別する必要が生じた。このような通常の大陸棚より深いところに発達する平坦面に対して、岩淵(1968)は縁辺台地という地形名を付与した。このような面の記載は、能登半島沖(田口ほか, 1973)、山陰沖(KATSURA and KITAHARA, 1977)のほか、三陸沖(岩淵・中嶋, 1972; 中嶋, 1973)などでおこなわれている。

縁辺台地の用語として、それまで提唱されていた用語

図 2 駿河・相模湾付近の大陸棚外縁の水深(メートル)

図 3 三陸沖の海底地質 (岩淵, 1986 から編集)

1. 完新統～更新統, 2. 更新統～鮮新統, 3. 鮮新統～中新統, 4. 中新統 5. 古第三系, 6. 花崗岩類, 7. 中・古生層, 8. 鮮新統～中新統の背斜軸, 9. 断層, 10. 中・古生層と第三系の境界 (海底下), 11. 大陸棚域における中新統 (海側) とそれより古い地層との境界. 太線: 大陸棚外縁, 太破線: 縁辺台地の外縁.

の中で最も近いものから選定することとし, Marginal Plateau (HEEZAN, *et al.*, 1959) を当てたところから, その後若干の混乱を生じさせた (佐藤, 1979; 八島ほか, 1982). 因みに, HEEZEN *et al.*, による Marginal Pl-

ateau は, "a shelf like feature which lies at greater depths than the continental shelf and is separated from the continental shelf by an incipient continental slope" である.

ここで重要なことは、地質学的にみて、ひろく大陸棚といわれる面と明確に区別されるべき異質の平坦面が、大陸棚と隣接して存在することであった。この重要性は今日でも変わっていないと考えるので、縁辺台地を次のように再定義する。

縁辺台地 (Marginal Terrace)—大陸棚面より一段深いところに発達する棚状の面。面形成期が大陸棚面より一時期古い。

1968 年の定義と異なる点は、“marginal plateau ; HEEZEN et al, 1959” を Marginal Terrace と単に変更したことである。模式地は能登半島以西の日本海沿岸とする。

第 3 図は三陸沖の地質図で、大陸棚と縁辺台地の分布を示した。三陸沖の外縁水深は 150~180 m で日本周縁の平均深度 (140 m $\pm$ 10 m) より深い。また、水深 300~500 m に縁辺台地の外縁に相当する傾斜変換点が認められる。この傾斜変換点と海底に露出する侵食面とが一致するところがある。この侵食面は鮮新統に被覆されており、これを三陸沿岸に追跡すると、北部に順次浅くなり、やがて大陸棚と交叉し、更には海底面より上位に仮想せざるを得なくなる。一方南部には深くなり、金華山沖では鮮新統に完全に被覆され海底面に露出することはない (岩淵, 1986)。

日本各地の縁辺台地の詳細についてはいまだ不明の点が多い。山陰沖の縁辺台地に相当する面は、本州沿岸からかなり離れて、隠岐堆、大和堆などの頂部にまで認められ、その分布はかなりのひろがりをもっている。このような面がいつどのようにして形成されたかは、今後解決すべき大きな課題の一つである。

5. 大陸棚の形態

海岸部の急斜面及び岩礁地帯は、隣接陸域の地質を反映し、三陸沖では古生層と花崗岩類からなる (第 3 図)。その沖合には、古生層~中新世中期の地層が海側に傾斜する構造で接する。これらの地層が、大陸棚~大陸斜面の構造上の基盤ともなる地層で、これらの地層に対して顕著な傾斜不整合をもって、鮮新世以降の地層が、大陸棚から大陸斜面にかけて広く分布する。

大陸棚の最上部を構成する沖積層は、日本沿岸を通じて一般に薄く、本層を欠く地域も稀ではない。傾向として後述の中陸棚から外陸棚への移行部や内陸棚の一部で相対的に厚くなるところがあるが、内湾を除けば厚くても 20 m 程度である。従って、大陸棚の幅を一義的に決めるものは、大陸棚~大陸斜面の地質構造である。

大陸棚の形態は、小起伏を無視して巨視的にみれば、水深に幅はあるものの、おおそ 60 m 以浅と 100 m 以深の相対的に傾斜の緩い平らな面 (一般的に小起伏に富む) と両者間を結ぶ緩傾斜面 (小起伏に乏しい) とからなる。それぞれの地形に対応させて、陸から海側に、内陸棚、中陸棚、外陸棚と称する。第 4 図は、房総半島東岸太東埼沖の大陸棚地形の特徴を図示した例である。

大陸棚の調査が音波探査などにより詳細に行われるようになると、侵食面、堆積面の区別ができるようになり、またおびただしい数の埋積谷が日本周辺大陸棚から発見されるようになった (第四紀地図にはこのような埋積谷の分布を示した)。また同時に、海底谷の下にさらに別系統の埋積谷が発見されるようになった。形成時期の異なる海底谷の重なりは、鹿島灘、浦賀水道などにみられ、今後増えてくるであろう。海水準変動の途上における数次の停滞あるいは小海退があったことを示している。

第 5 図は太平洋沿岸における海底谷の末端水深の頻度分布で、大部分のものが埋積谷である。海底谷の分布は広範囲にわたり外陸棚に達するものも多い。海底谷と平坦面については、これまでも多くの報告がある。とくに、詳細な測量が行われた対馬周辺では、I~VIII 面の海底段丘が識別され、地形発達との関連が報告されている (茂木 1981)。このような面の分布が、若狭湾、津軽海峡などにも認められている (佐藤・茂木, 1982)。対馬海域で提案された海面変動が日本沿岸に広く適用できるかは今後の検証にかかっている。そのためには、対馬西岸に見合う密度の測量も必要となろう。

6. 海峡の地形

対馬海峡と津軽海峡西口の水深は、大陸—日本列島間の陸橋問題、日本海の淡水化問題等と関連して、古くから注目されてきた (例えば、湊 1966, 星野 1971, 大嶋 1980)。

ここで両海峡の地形を再吟味しておく。第 6 図は対馬海峡の海底地形図をもとに、水深 140 m に海水準位がある場合と水深 110 m にある場合の海陸分布を示したものである。第 7 図は津軽海峡西口の場合である。水深 110 m と 140 m は、平均的な大陸棚外縁に接する平坦面の上限水深と下限水深に相当し、その間を外陸棚と呼んだところである。

前項でも述べたように、日本海側と太平洋側とで、大陸棚外縁の水深あるいはそれに接する平坦面の平均的水深にさほど相違がないことから、大陸棚外縁及びそれに

図 4 房総東岸太東埼付近の海底地形分類図と地形断面図 (海上保安庁水路部, 1986)

1: 起伏の多い平坦面 (比高 3~5m), 2: 起伏の多い平坦面 (比高 5~10m), 3: 堆積性平坦面 (C), 4: 堆積性平坦面 (A・B), 5: 侵食性平坦面, 6: 谷底平坦面, 7: 大陸棚外縁緩斜面, 8: その他の緩斜面等, 9: ケスタ地形の稜線, 10: 尾根線, 11: 谷線, 12: 断面位置, 13: 堆積性平坦面, 14: 侵食性平坦面, 15: ケスタ地形

図 5 陸棚谷末端の水深の分布

縦軸：陸棚谷末端の水深，横軸：陸棚谷の個数

接する平坦面が形成される時点では、日本海と太平洋は繋がっていたものと推察される。

対馬海峡で注目すべき地形として、溝状凹地がある(桂・永野 1982)。とくに海峡の鞍部の南側の、北東—南西方向の溝状地形の中には幾つもの窪地があり、一様な順傾斜の谷ではない。このことは単純な陸上における侵食地形の沈水したものではなく、強い南西流(日本海から東シナ海に流下)の存在とそれに伴う侵食地形であることを示唆する。

第 6 図に示した海底地形は 5 km 未満の谷を埋めて作成したものである。対馬海峡東水道の鞍部の水深は約 115m になり、同西水道の水深は約 125 m となる。水深 130 m で対馬海峡は大陸と陸続きになる。

津軽海峡で問題になる個所は西口であり、水深 130 m ほどで北海道と本州とは陸続きになる。津軽海峡西口に発達する海釜は、構造に規制された地形(小向, 1956; 茂木, 1958)であることは認めるにしても、他の地域の子釜と同様、海潮流による影響を強く受けていた地形である(星野 1971, 大嶋 1980)。

津軽海峡の子釜は双子型である。海峽部がある程度以上狭くなると双子型の子釜が発達し、海峽の最狭部の鞍部を挟んでその両側に子釜ができる。海峽最狭における潮流の往復に応じて、東流時には最も流速が速くなる海峽鞍部の東側に、また西流時には最も流速が速くなる海峽鞍部の西側に子釜が発達する。

しかし、現在の津軽海峡においては、太平洋の水位が日本海側より低いことから、とくに津軽海峡西口では東流がはるかに卓越しており、海峽鞍部の西側に子釜をつくるような西流は存在しない。それにもかかわらず、鞍部の西側に子釜が存在することと発達しやすいことは、過去において現在みられないような強い西流のあったことを強く示唆している。

7. おわりに

大場 (1983) は日本海で採取したコアの分析結果から、古気候を次のように解析している。

約 2 万年前に津軽海峡から親潮が流入し始めて、この

図 6 水深 140m と 110m に海水準がある場合の対馬海峡における海陸分布

図 7 水深 140m と 110m に海水準がある場合の対馬海峡における海陸分布

状況は約 1 万年前まで続いた。その間の日本海は水温 6～12°C と寒冷な海況にあった。1～0.8 万年前は日本海に対馬海流が流入し現在と同様な海況になるまでの過渡期であり、この期間に古水温は一挙に 6～7°C も上昇した。0.8 万年前以降は対馬暖流が本格的に日本海に流入し、現在とはほぼ同様な気候となった。

また尹 (1985) も、氷期における偏西風帯の南下は、津軽海峡と対馬海峡との間の水位差を逆転させ逆流を引き起すことを指摘している。すなわち、親潮が津軽海峡から流入し、対馬海峡から流出するパターンができる。

以上のことから海水準と地形の相関で推論されることは、2—1 万年前に、海水準の降下—最低水位—上昇の過程があり、この時期に大陸棚外縁に接して発達する平坦面 (水深 110～140 m) が形成された。この時期は寒冷下にあるので、尹のいう風系は現在より南偏しており、親潮は津軽海峡から対馬海峡を経て流出していた。この時期の流速はかなり速かったと推察できる。津軽海峡西口の高釜の発達、対馬海峡の溝地形がこの間の事情を物語っている。

1～0.8 万年前は寒冷から温暖に向う時期で、南下していた風系も北上し、海峡間の水位差も、前の寒冷期とは逆転することになり、対馬海流が日本海に流入する。対馬海流が日本海に多量に流入し始めるには、対馬海峡の地形からして、海水準は外陸棚の上限水深 110 m よりさらに数 10 m 上昇しなければならないであろう。こ

の状況が約 1 万年前につくりだされたことになる。

1～0.8 万年の 2 千年間に水温が 6～7°C 上昇したことからこの期間の海水準の上昇は急速であった。地形の形成からみると、大規模な平坦面をつくるような海水準の停滞はなく、結果として大陸棚のほぼ中央を占める中陸棚の緩傾斜面地形 (おおそ水深 100～50 m) ができた。

0.8 万年前以降の海水準の上昇は、それ以前に比べて緩やかなもので、いくつかの平坦面が発達する内陸棚の地形を造ることになった。

引用文献

- HEEZEN, B. C., THARP, M. and EWING, M. (1959) The floors of the oceans, 1. The North Atlantic. *Geol. Soc. Amer. Special Paper*, **65**, 122p.
- 星野通平 (1971) 大陸棚。浅海地質学, 東海大出版会, p. 254—439.
- International Hydrographic Bureau (1986) Standardization of undersea features names, 27p.
- 岩淵義郎 (1968) 日本海南東部の海底地質。東北大地質古生物研報, no.66, p. 1—76.
- 岩淵義郎 (1986) 三陸沖の地質。北村信教授記念地質学論文集, p. 149—155.
- 岩淵義郎・中嶋 遼 (1972) 三陸沖の海底地質。日本地質学会第 79 年大会講演要旨, p. 122.
- KATSURA, T. and KITAHARA, S. (1977) Geological structure of the marginal plateau off Tottori, Southwest of Honshu, Japan. *Jour. Oceanogr. Soc. Japan*, **33**, p. 259—266.
- 桂 忠彦・永野真男 (1982) 五島陸棚谷群の形態。水路部研究報告, **17**, p. 79—92.
- 小向良七 (1956) 津軽海峡西口付近の海底地形・底質分布の研究。水路部調査報告, 45 p.
- 湊 正雄 (1966) 日本列島の最後の陸橋。地球科学, **85**・**86**, p. 2—11.
- 茂木昭夫 (1953) 日本海沿岸における大陸的な外縁の深さについて。水路要報増, **12**, p. 54—57.
- 茂木昭夫 (1958) 津軽海峡西部の海底地形。地理評, **31**, p. 15—23.
- 茂木昭夫 (1981) 対馬海峡大陸棚の地形発達—対馬陸棚に関連して—。第四紀研究, **20**, p. 243—256.
- 茂木昭夫・桂 忠彦・中嶋 遼・桜井 操・加藤 茂 (1981) 駿河・相模トラフ付近の海底調査概報。月刊地球, **3**, p. 443—451.
- 茂木昭夫・桜井 操 (1980) 伊豆半島西岸の深い大陸棚外縁について。地震予知シンポジウム, p. 117—121.
- 中嶋 遼 (1973) 三陸南部沖の海底地形について。地学雑誌, **82**, p. 136—147.
- 大場忠道 (1983) 最終氷期以降の日本海の高環境。月刊地球, **5**, p. 37—46.
- 大嶋和雄 (1980) 海峡地形に記された海水準変動の記

- 録. 第四紀研究, **19**, p. 23—37.
- 佐藤任弘 (1979) 日本周縁の海底地形と地質からみた海水準変化. 月刊地球, **1**, p. 392—397.
- 佐藤任弘・茂木昭夫 (1982) 海底地形からみた日本海の海水準変化. 第四紀研究, **21**, p. 203—210.
- 田口 広・永野真男・佐藤任弘・桜井 操・内田摩利夫 (1973) 日本海白山瀬付近の構造発達史. 地質学雑, **79**, p. 284—293.
- 八島邦夫・今井健三・西沢邦和 (1982) 100 万分の 1 海底地図「北海道」・「東北日本」と海底地形. 水路部研究報告, **17**, p. 93—162.
- 尹 宗煥 (1985) 日本海の表層循環. 海洋科学, **17**, p. 607—610.